



EESTI MAAÜLIKOOL  
Metsandus- ja maaehitusinstituut

**Karl Konsap**

**NUTISEADME RAKENDUSED METSA MÕÕTMISEKS**  
**SMART DEVICE APPLICATIONS FOR MEASURING FOREST**

Bakalaureusetöö  
Metsanduse bakalaureuseõppekava

Juhendaja dotsent Ahto Kangur, *PhD*

Tartu 2019

Eesti Maaülikool		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Karl Konsap		Õppekava: metsandus	
Pealkiri: Nutiseadme rakendused metsa mõõtmiseks			
Lehekülgi: 28	Jooniseid: 4	Tabeleid: 2	Lisasid: 2
Õppetool:	Metsakorralduse ja metsatööstuse õppetool		
Uurimisvaldkond:	metsakorraldus		
Juhendaja(d):	Ahto Kangur		
Kaitsmiskoht ja aasta:	Tartu, 2019		
<p>Töös antakse ülevaade kasvava metsa mõõtmiseks loodud nutiseadme rakendustest. Antud töö eesmärgiks oli uurida, kui kasutuskindald ja kui rakendatavad on olemasolevad nutiseadme rakendused kasutamise kasvava metsa mõõtmisel ja hinnata selliste rakenduste eeliseid ja puudusi võrreldes traditsiooniliste metsa mõõtmise seadmetega. Selle jaoks viidi läbi relaskoobi- ja kõrgusmõõtmisi, mida võrreldi nii tavapäraste mõõtmisviisidega kui ka rakendusi omavahel. Erinevate takseertunnuste mõõtmiste tegemisel oli oluline nii etaloniga võrdlus kui ka reaalselt metsas tehtavate mõõtmiste täpsus.</p> <p>Mõõtmistulemustest selgus, et lihtrelaskoobi kasutamiseks koostatud rakendused on võrrelduna lihtrelaskoobiga tehtud mõõtmiste puhul täpsed ja kasutuskõlblikud. Kõrgusmõõtmiseks mõeldud rakendused olid aga mõnevõrra ebatäpsed ja hetkel täpismõõtmisteks ei sobi.</p>			
Märksõnad: metsa mõõtmise rakendused, metsa takseerimine			

Estonian University of Life Sciences		<b>Abstract of Bachelor's Thesis</b>	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Author: Karl Konsap		Speciality: forestry	
Title: Smart device applications for measuring forest			
Pages: 28	Figures: 4	Tables: 2	Appendixes: 2
Chair:	Chair of Forest Management planning and Wood Processing Technologies		
Field of research:	Forest Management		
Supervisors:	Ahto Kangur		
Place and date:	Tartu, 2019		
<p>This thesis gives an overview of the smart device applications that are developed for measuring a growing forest.</p> <p>The purpose of this thesis was to investigate the feasibility of using smart device applications for growing forest measurements and to assess the advantages and disadvantages of such applications compared to traditional forest measurement techniques and devices.</p> <p>The selection of applications was carried out on the applicability basis. It ended up with a applications that were developed for stand basal area measurements and tree height measurements. For comparison and analysis purpose, relascope and height measurements were performed, which were then compared to conventional measurement methods and devices. Comparison included etalon and forest condition measurements were taken in the forest.</p> <p>The results of the thesis showed that the applications developed for relascope method are accurate and user applicable. However, applications for height measurement were somewhat inaccurate and currently with too high variability for user applications.</p>			
Keywords: applications for forest measurement, forest inventory			

# SISUKORD

SISSEJUHATUS .....	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE .....	6
1.1 Metsa takseerimine .....	6
1.2 Rinnaspindala mõõtmine .....	7
1.3 Kõrguse mõõtmine .....	8
2. MATERJAL JA METOODIKA .....	9
2.1 Töös kasutatud nutiseadme rakendused .....	9
2.1.1 Bitterlichi relaskoop .....	9
2.1.2 ReScope Global .....	9
2.1.3 Relasphone .....	10
2.1.4 Moti .....	10
2.1.5 Trestima .....	10
2.1.6 Puude kõrgusmõõtja .....	11
2.1.7 Tree-H .....	11
2.1.8 Tree Meter .....	11
2.1.9 Smart Measure .....	12
2.1.10 Hypsometer .....	12
2.1.11 Height Measure .....	12
2.1.12 Two Point Measure .....	12
2.2 Relaskoopmõõtmise metoodika .....	13
2.3 Kõrgusmõõtmise metoodika .....	13
2.4 Seadmed .....	14
2.4.1 Nutiseade .....	14
2.4.2 Lõputöö teostamine ja vormistamine .....	14
3. TULEMUSED JA ARUTELU .....	15
3.1 Kõrguse mõõtmise tulemused .....	15
3.2 Relaskoopmõõtmise tulemused .....	18
4. ARUTELU .....	20
KOKKUVÕTE .....	21
KASUTATUD KIRJANDUS .....	22
SUMMARY .....	24
LISAD .....	25
Lisa 1. Etalonide kõrgusmõõtmiste tulemused .....	26
Lisa 2 Metsas tehtud kõrgusmõõtmiste koondtabel .....	27

## SISSEJUHATUS

Tänapäeval on nutiseade meist taskus pea igäühel. Kui veel eelmisel kümnendil oli mobiiltelefoni peamine otstarve helistamine, siis nüüd nad paljuskki üle võtnud personaalarvuti rolli. Samuti on oluliselt kasvanud telefoni kasutus fotoaparaadina. Seetõttu on nutitelefonide tootjad pööranud suurt tähelepanu ka seadme kaamerate arendamisele. Kõrglahutusega kaamera ja hea arvutusvõimsusega nutiseadme võib sobiva tarkvara abil muuta arvestatavaks mõõtevahendiks.

Üks selliseid valdkondi, kus nutiseadmed järjest suuremat kasutust võivad leida, on metsa mõõtmine. Kuivõrd metsa mõõtmine on enamasti seotud väga suure töömahuga ja mõõtmisi tuleb teha hulгим, siis on igasugune töö lihtsustamine ja andmetöötluse osaline automatiseerimine suur võit ajas.

Antud töö eesmärgiks oli uurida, kui otstarbekas on nutiseadme rakenduste kasutamine kasvava metsa mõõtmisel ja hinnata selliste rakenduste eeliseid ja puudusi võrreldes traditsiooniliste metsa mõõtmise viisidega. Samuti on töös võrreldud nutiseadme rakendusi omavahel nende mõõtmistäpsuse põhjal. Selle jaoks tegi autor mõõtmisi kasutades kahteist erinevat rakendust, mille hulka oli valitud nii tasuta kättesaadavaid kui ka tasulisi tarkvaralahendusi.

Töö tulemuste praktiline väärtus võiks olla see, et teada saada, milliseid metsa mõõtmise rakendusi tuleks eelistada ja milliseid vältida, kui prioriteediks on mõõtmiste täpsus. Seega on sellest tööst loodetavasti kasu neil, kellel on huvi metsa nutiseadme abil mõõta.

# **1 KIRJANDUSE ÜLEVAADE**

## **1.1 Metsa takseerimine**

Metsa mõõtmine muutus oluliseks 19. sajandi algul, seoses puidu olulisuse kasvuga kaubaartiklina. Selle tagajärjel tekkis vajadus mõõta kasvavat metsa (Vaus 2005). Kõige täpsemalt saab seda teha, kui mets esmalt maha raiuda ja seejärel mõõta (Jänes, Padari 2004). Siiski on tänapäevaks välja töötatud erinevaid kasvava metsa mõõtmise viise, mis annavad tõepäraseid tulemusi. Peamiseks probleemiks mõõtmistäpsuse kasvuga on see, et enamasti kaasneb sellega ka mõõtmistööde mahu oluline suurenemine (Vaus 2005). See on valdkond, kus nutiseadmed ja tehnoloogia areng üldiselt võivad olla suureks abiks.

Metsa takseerimine on metsa iseloomustamine, kasutades selleks erinevaid metsas mõõdetavaid tunnuseid (Vaus 2005). Takseerimise puhul määratakse takseertunnused, milleks on näiteks puistu pindala, puude arv ja kõrgus. Samuti on takseertunnusteks puistut iseloomustavad arvutuslikud väärtused, mis on arvutatud mõõdetud takseertunnuste põhjal. Sellisteks on näiteks puistu tagavara ja täius (Laas jt 2011). Metsa takseerimine toimub enamasti proovitükkide ja proovipunktide mõõtmisel, sest laialdane ülepinnaline mõõtmine on suurte maa-alade tõttu väga töömahukas ettevõtmine. Seda on siiski võimalik teha kaugseire abil, aga enamuse metsa mõõtmisi viiakse veel läbi maa pealt mõõtmisi tehes (Kangas, Maltamo 2006).

Metsa takseerimise peamiseks eesmärgiks on metsast andmete kogumine, et metsa arengu seaduspärasid mõista. Seeläbi saab metsa takseerimise abil kavandada metsapoliitikat ja paremini prognoosida metsa arengut tulevikus (Vaus 2005). Täpsem teave metsa seisust aitab ka metsast saadavat potentsiaat tule täpsemalt hinnata ja seeläbi metsa müümisel sobivat hinda küsida (Jänes, Padari 2004).

## 1.2 Rinnaspindala mõõtmine

Rinnaspindala all mõistetakse kas puistuelemendis või rindes kasvavate puude summaarset rinnaspindala pindalaühiku (nt. üks hektar) kohta. Rinnaspindala mõõtmisel on lihtsaimaks meetodiks Bitterlichi lihtrelaskoobi kasutamine. See oma olemuselt nurkšabloon on nime saanud selle leiutaja, Walter Bitterlichi järgi (Järvis 2010). Relaskoobi abil mõõdetud rinnaspindala teades on kasutades standardtabeleid võimalik arvutada puistu täius ja tagavara. Nende leidmiseks on relaskoop oma lihtsuse ja mõõtmise kiiruse tõttu laialdaselt kasutatav, küll aga on mõõtmistulemused vähem täpsed ülepinnalisese klappimise tulemusel saadud andmetest (Laas jt 2006). Rinnaspindala ise sõltub paljuski puistu vanusest ja senisest majandamisest (West 2015).

Bitterlichi lihtrelaskoobi tööpõhimõte on, et ühes punktis loetakse relaskoobiga ringis kõik puud, mis on võrdsed või suuremad viseerimisnurgast. Sellisel mõõtmisel on puistu rinnaspindala võrdne loetud puude arvu ja võrdeteguri korrutisega, mille juures sõltub võrdetegur relaskoobi viseerimisnurga suurusest (Krigul 1972). Peamiselt kasutatakse kolme relaskoobi keti ja vaateava suhet, milleks on 1:35, 1:50 ja 1:71. Nende mõõtmistulemuste võrdetegurid on vastavalt 2, 1 ja 0,5 (Vaus 2005).

Relaskoopmõõtmisel on kõige levinumateks vigadeks metsa nähtavusele mittesobiva ava suurusega relaskoobi kasutamine, teiste puude taha jäävate puude mitte lugemine ja mõõtmispunkti vale valik. Viimane võib olla seotud liiga väikese vahemaaga puistu servani või liiga kitsa puistuga (Järvis 2010). Relaskoobi mõõtmistäpsus sõltub ka mõõtja vilumusest ja mõõteinstrumendi ehituse täpsusest (Krigul 1972).

Tänapäeval on olemas ka laser relaskoobid, mis salvestavad nii kogutud andmeid kui ka mõõtmispunktide asukohti (Kangas, Maltamo 2006). Need mõõteinstrumendid on aga küllaltki kallid ja lihtrelaskoobist tunduvalt suuremad ning metsa minnes taskusse ei mahu. Neile võiks konkurentsi pakkuda nutitelefonil töötavad lihtrelaskoobid, mis on lihtsad kasutajal mugavad kasutada.

### 1.3 Kõrguse mõõtmine

Puu kõrguseks on vahemaa puu juurekaela ja ladva vahel (Vaus 2005). Puu kõrgust on vaja teada, et hinnata puistu juurdekasvu ja arvutada puistu tagavara (West 2015). Täpse mõõtetulemuse eelduseks on oluline teada mõõtekoha kaugust puust võimalikult täpselt (Jänes, Padari 2004). Kui seda teha mõõdulindiga, siis tuleks seda teha 10 cm täpsusega (Krigul 1972). Mõõtmisviga võib tekkida ka juhul, kui mõõdetav tuu on kas mõõtja suunas või mõõtjast eemale kaldu (Brigg 2014). Samuti tuleb tähele panna, kas mõõtmine toimub tasasel pinnal. Rohkem kui 5° kaldega maapinnal kasvavate puud mõõtmisel tuleb sellest kaldest tingitud muutusi mõõtmistulemustes arvesse võtta (Laas jt 2011). Selle töö käigus tehtud kõrgusmõõtmiste puhul on mõõdetud puid, mis kasvavad tasasel pinnal. Kõrguse mõõtmist võib takistada ka tuul, mille korral pole puu kõrguste mõõtmine optimaalne ja võib tekkida vigu (West 2015). Kui tuulega siiski on vaja puu kõrgust mõõta, siis tuleks seda teha tuule suunaga risti (Krigul 1972).

Lihtsad kõrgusemõõtjad võib jagada trigonomeetrilistele ja geomeetrilistele põhimõtetele töötavaiks. Trigonomeetriline kõrgusemõõtja abil leitakse puu kõrgus kasutades nurga tangensit (West 2015). Trigonomeetrilisel põhimõttel töötavat kõrgusemõõtjat on võrdluses nutiseadme kõrgusmõõtmise rakendustega kasutatud ka selles töös. Täpsemaid tulemusi on võimalik saada kasutades geodeetilisi mõõtmisviisi rakendavaid mõõteseadmeid. Nendeks on näiteks elektrontahhümeeter ja maapealne laserskanner (Kangur jt 2015).



## **2 MATERJAL JA METOODIKA**

### **2.1 Mõõtmistel kasutatud rakendused**

#### **2.1.1 Bitterlichi relaskoop**

Deskis OÜ poolt Eestis loodud nutiseadme rakendus, mille abil on võimalik mõõta puistu rinnaspindala. Tööpõhimõte on sama, mis Bitterlichi lihtrelaskoobil. Esimesel kasutusel on vaja rakendus kalibreerida, et kaamera vaatenurga laius kindlaks teha. Selle jaoks on vaja rakendusega kindlalt kauguselt mõõta mõõdulinti ning rakendusse sisestada ekraanilt nähtava mõõdulindi pikkus ja mõõtmiskaugus (Deskis 2019a). Metsa mõõtmise hõlbustamiseks on võimalik valida erinevaid värviefekte, mis aitavad väga ereda päikese või hämara metsa puhul. Samuti on olemas menüü metsa nähtavuse määramiseks, millest saab valida tiheda, normaalse tihedusega või hõreda metsa vahel.

#### **2.1.2 ReScope Global**

Slovakkia tarkvara-arendaja Jan Simkovic'i poolt loodud androidirakendus relaskoopmõõtmiste tegemiseks ja andmete kogumiseks (Simkovic 2018). Esmakordse kasutamise puhul on kalibreerimisprotsess sarnane Deskis'e relaskoobirakenduse omale, kui tuleb mõõdulindi abil nutiseadme kaamera ja ekraani pikslite suhe kindlaks määrata. Relaskoopmõõtmisel saab selle rakendusega puude lugemit sisestada ka ingliskeelsete häälkäskluste „One“ ja „Half“ abil, samuti võib puid lisada kasutades nutiseadme hääletugevuse nuppu, mille korra hääletugevuse tõstmine lisab ühe puu ja vähendamine lisab

pool puud. ReScope'is saab mõõtmisel valida 16 puuliigi vahel ja segapuistute mõõtmisel piisab ühe ringi tegemisest mõõtepunkti kohta.

### **2.1.3 Relasphone**

Bitterlichi lihtrelaskoobi meetodil töötav mobiilirakendus, mis võimaldab korraga lugeda kuni kolme puuliiki. Kasutajal on võimalus ka lisaandmeid sisestades lisaks rinnaspindalale teada saada ka metsa tagavara ligikaudne väärtus eurodes. Rakendus on tehtud Soomes VTT Oy poolt (VTT 2016). *Relasphone*'i kalibreerimisprotsess on identne eelneva kahe relaskoobirakenduse kalibreerimisega.

### **2.1.4 Moti**

*Moti* puhul on tegu mitmeotstarbelise rakendusega, mis võimaldab mõõta nii puude kõrgusi kui ka koguda relaskoobi lugemisandmeid. Kogutud andmete abil saab rakenduses arvutada välja ka metsa tagavara. Kalibreerimisprotsessil on kaks osa: esimeseks tuleb peegli ees seadme kaamera vaatenurga kõrvalekalle määrata ja teiseks on vaja *Moti* kalibreerimisleht välja printida ja rakendusel lasta seda 21 cm kauguselt mõõta (HAFL 2019). Rinnaspindala mõõtmine toimub lihtrelaskoobi mõõtemetodil. Kõrguse mõõtmise jaoks on vajalik eelnevalt mõõdetud võrdlusobjekti olemasolu, milleks valisin 100 cm pikkuse mõõtepulga.

### **2.1.5 Trestima**

Rakendus on loodud Soome ettevõtte Trestima Oy poolt. Rakenduse peamiseks eesmärgiks on metsa tagavara hindamine (Trestima 2019). Selle töö jaoks kasutati *Trestima* rakenduse kõrgusmõõtmise funktsiooni. Selle jaoks on vajalik 100 cm pikkust kalibreerimispulka ja nutiseadmes internetiühenduse olemasolu. Kalibreerimispulk kinnitatakse puu tüvele nii, et pulga ülemine ots on 180 cm maapinnast ja seejärel pildistatakse puud rakenduse sees. Edasi

laetakse kogutud informatsioon üles *Trestima* serverisse ja toimub andmetöötlus. Informatsiooni on võimalik vaadata nii nutiseadmest kui ka lauarvuti kaudu *Trestima* serverist (Trestima 2019). Rakenduse kasutamine on tasuta.

### **2.1.6 Puude kõrgusmõõtja**

Väga lihtsalt kasutatav kõrgusmõõtja Android seadmetele Deskis OÜ poolt. Olemas on kaks mõõtmisviisi: esimese puhul sisestab kasutaja kauguse mõõdetavast objektist ise, teisel juhul hindab objekti kaugust rakendus (Deskis 2019b). Selle töö käigus kasutati vaid neist esimest viisi.

### **2.1.7 Tree-H**

Vabavaraline Androidi platvormi rakendus, mis on mõeldud puu kõrguste mõõtmiseks. Rakendus on loodud SMK Bakti Nusa metsanduskoolis Indoneesias (SMK 2016). Mõõtmiskaugused on piiratud 15, 20, 25 või 30 meetriga. Kõrguse mõõtmiseks tuleb esimeseks valida mõõtmiskaugus ja suunata seadme kaamera puu juurekaelale ning see fikseerida. Seejärel tuleb fikseerida kaamera puu ladvale ja tulemusi on võimalik kohe ekraanil näha.

### **2.1.8 Tree Meter**

Tasuline puu kõrguse mõõtmiseks mõeldud nutiseadme rakendus, mille puhul kõrguse mõõtmine toimub sarnaselt *Moti*'ga puu võrdlemisel võrdlusobjektiga ja mõõtmise kaugus puust ei seadmega mõõtmise tegemiseks oluline. Erinevalt *Moti*'st ei pea mõõtmisetalon aga asuma puuga samal tasapinnal. Rakenduses saab ka varasemalt pildistatud fotodelt puude kõrguseid mõõta, kui on olemas sobiv võrdlusobjekt.

### **2.1.9 Smart Measure**

*Smart Measure* on üldotstarbeline kõrgusmõõtmise rakendus Smart Tools Co poolt, mille puhul tuleb esmalt mõõta rakenduse sees kaugus objektist ja seejärel objekti kõrgus. Ise kaugust sisestada ei ole võimalik. Rakenduse soovituslik mõõtmistäpsus on  $\pm 5\%$  (Android Boy 2018).

### **2.1.10 Hypsometer**

Makinosofti Hypsometer on puude kõrguse mõõtmiseks loodud Androidi platvormi rakendus. Mõõtmisprotsess on identne eelnevalt tutvustatud *Smart Measure*'ile. Peale visuaalse poole on selle rakenduse ainsaks erinevuseks *Smart Measure*'st see, et puudub võimalus rakenduse mõõtetäpsust kalibreerida.

### **2.1.11 Height Measure**

Tegu veel ühe üldotstarbelise ja tasuta saada oleva kõrgusmõõtmisrakendusega arendajalt nimega Hireface. Kõrguse mõõtmise protsess on kahe eelneva rakendusega identne ja koosneb objekti kauguse ja kõrguse mõõtmisest. Rakenduse kasutajaliides on küllaltki kirju ja algul segadust tekitav.

### **2.1.12 Two Point Height**

Väga lihtsalt kasutatav kõrgusmõõtmise rakendus Omega Centauri Software poolt. Enne mõõtmist on vaja teada mõõdetava puu kaugust. Mõõtmiseks tuleb fikseerida nutiseadme kaamera esmalt puu juurekaelale, seejärel puu latva.

## 2.2 Relaskoopmõõtmise metoodika

Relaskoopmõõtmine viidi läbi mõõtes metsas lihtrelaskoobi meetodil puistu rinnaspindala 10 punktis. Esimesel viiel mõõtmisel kasutati Bitterlichi lihtrelaskoobi ja kõiki nelja töös mainitud nutiseadme relaskoopmõõtmise rakendust. Relaskoobi ava oli neil mõõtmistel suhtega 1:35. Viimasel viiel mõõtmisel kasutati relaskoobi ava ja keti suhtega 1:50 ning seetõttu jäi rakendustest välja Relasphone, mille puhul ei ole ava laiuse muutmine võimalik. Mõõtmispunktid olid eraldisse paigutatud juhuslikult. Mõõtmiste sellise metoodika eesmärgiks oli uurida, millisel määral erinevad nutirakenduste relaskoobid Bitterlichi lihtrelaskoobist ja millised on rakenduste omavahelised erinevused.

## 2.3 Kõrgusmõõtmise metoodika

Kõrguse mõõtmine oli kaheosaline. Esimene osa koosnes etaloni mõõtmisest. Selle jaoks kinnitati 10,2 meetri kõrguse alla lastava lipumasti külge 5 m, 7,5 m ja 10 m kõrgusele mõõtetähised. Neid tähiseid mõõdeti 8 töös tutvustatud kõrguse mõõtmise rakendusega. Mõõtmiskauguseks oli 10 m. Kasutamata jäi sellel mõõtmisel vaid *Trestima*, sest see rakendus tuvastab kõrguse mõõtmise objektina vaid puid mille tüvele on kinnitatud *Trestima* kalibreerimislatt ja lipumasti rakendus tuvastada ei suutnud. Lisaks rakendustele mõõdeti etalone ka trigonomeetrilisel põhimõttel töötava kõrgusemõõtjaga, et hinnata selle mõõtmistäpsust. Mõõtmiste metoodika eesmärgiks oli hinnata puu kõrgusest tulenevate vigade suurust ja enne kõrguse mõõtmise teist osa praakida välja rakendused, mis on kõige ebatäpsemad.

Kõrguse mõõtmise teiseks osaks oli metsas puude mõõtmine. Selleks mõõdeti kokku 8 puu kõrgused, millest 4 olid okaspuud ja 4 lehtpuud. Puud oli valitud neid silma järgi hinnates

selliselt, et nad oleksid erineva kõrgusega. Kõik mõõtmised tehti võrreldavuse tagamiseks mõõdetavast puust 15 meetri kauguselt ja silmakõrguselt, milleks oli 170 cm. *Trestima ja Tree Meter*’iga mõõtmisel oli võrdlusobjektina kasutusel 100 cm pikkune Trestima kalibreerimislatt. Andmaks hinnangut rakenduste mõõtmistäpsusele, mõõdeti samu puid ka Suunto PM-5 klinomeetriga, mille soovituslik mõõtmistäpsus on tootja hinnangul  $\pm 2\%$  (Suunto 2017). Sellise metoodika valiku põhjuseks oli vajadus hinnata rakenduste suutlikkust metsas mõõtmisel.

## **2.4 Seadmed**

### **2.4.1 Nutiseade**

Mõõtmiste tegemiseks kasutati nutitelefoni Huawei L9 lite, mille tagumise kaamera resolutsioon oli 13 megapikslit ja sensori suurus 1/3 tolli. Telefoni 5,2 tollise ekraani lahutusvõime oli 1920 x 1080 pikslit. Seadmel oli kasutada Android 7.0 (Nougat) operatsioonisüsteem.

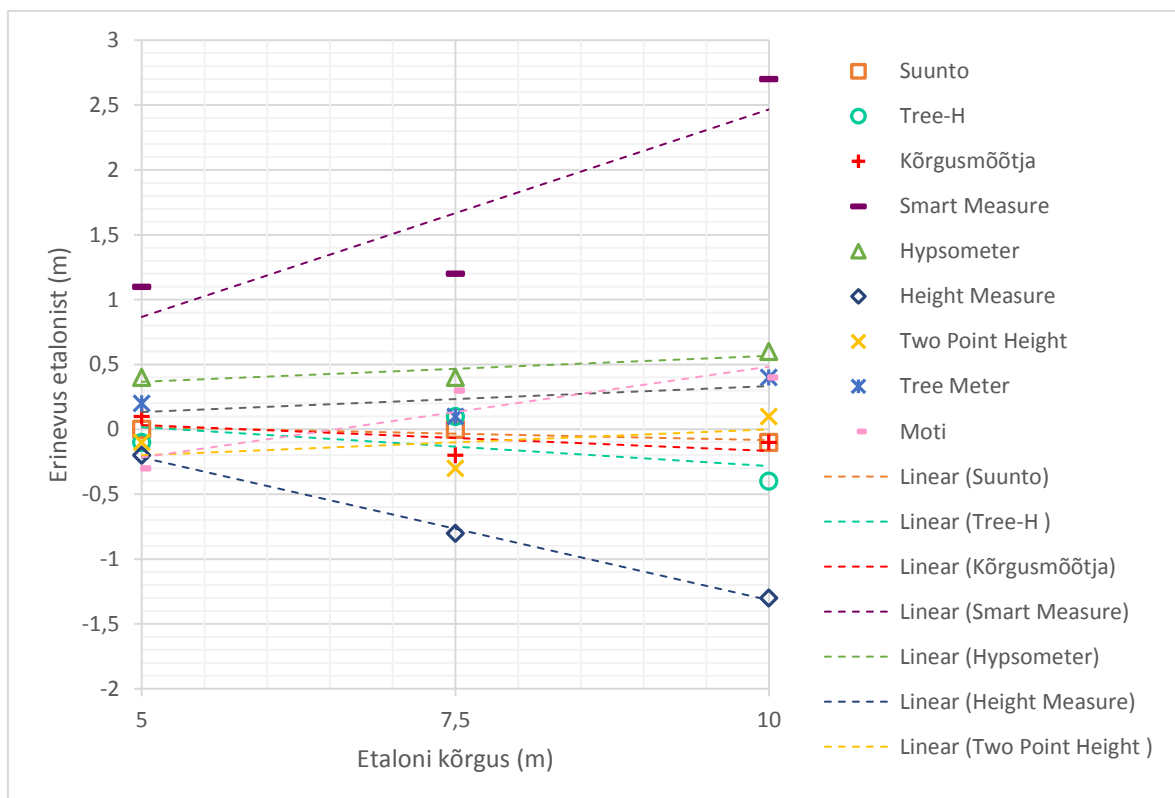
### **2.4.2 Lõputöö teostamine ja vormistamine**

Andmete töötluks kasutati tarkvara Microsoft Excel ning töö kirjalik osa valmis Microsoft Wordis. Nutiseade töötas operatsioonisüsteemil Android 7.0 (Nougat) ja mõõtmisi tehti selle operatsioonisüsteemi jaoks tehtud rakendustega.

## 3 TULEMUSED

### 3.1 Kõrgusmõõtmise tulemused

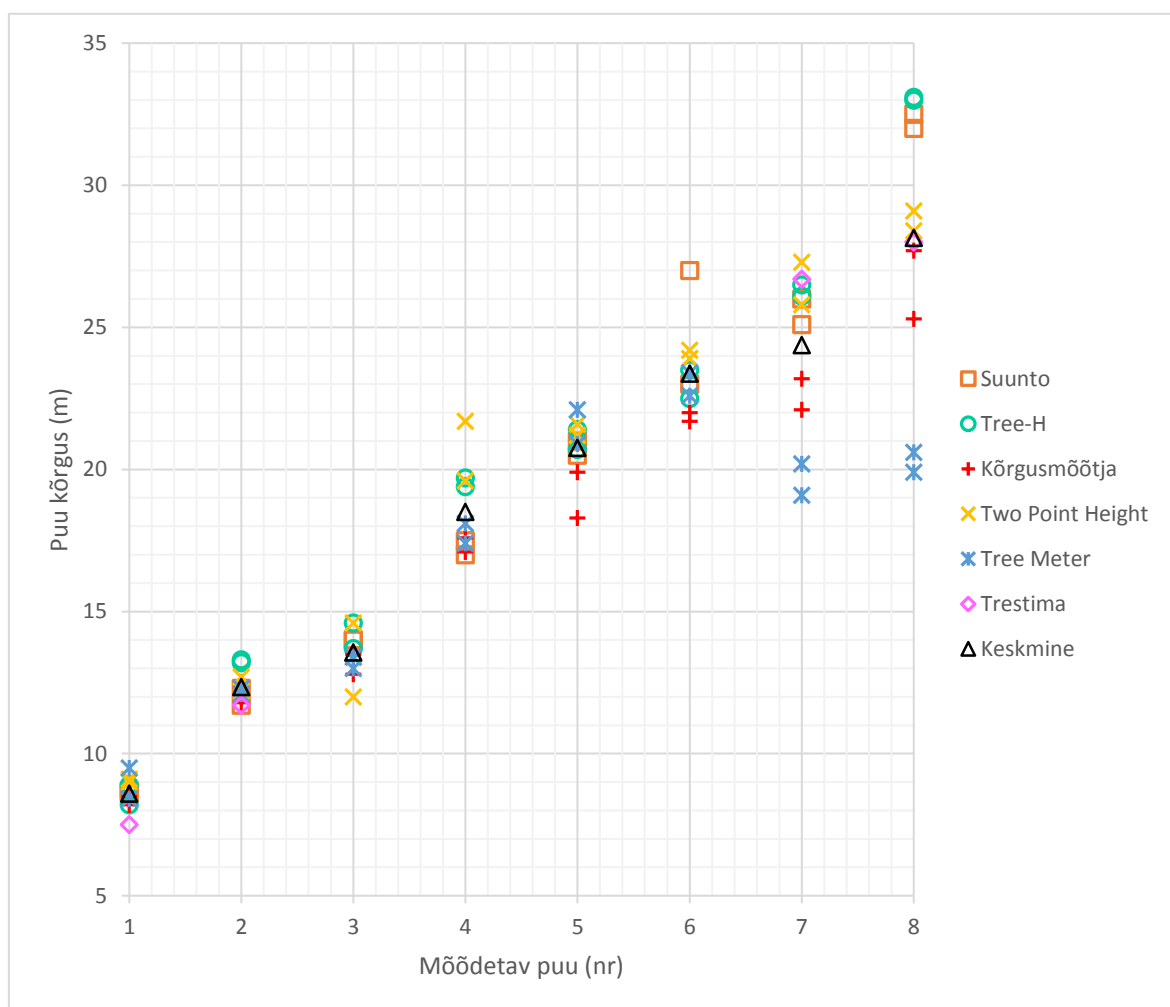
Etaloni abil kõrguse mõõtmise tulemused on toodud tabelis lisas 1. Sellest on näha, et mõõdetava objekti kõrguse suurenedes väheneb mõnede rakendustega mõõtes mõõtmistäpsus. Täpsematel rakendustel seda probleemi ei esinenud. Kõige täpsemad olid sellel mõõtmisel rakendustest *Two Point Height* ja *Deskise* kõrgusmõõtja, väikseim kõrvalekalle etalonist oli Suunto klinomeeteri mõõtmistulemustel. Nagu jooniselt 1 näha võib, esinesid väga suured mõõtmisvead rakendustega *Smart Measure* ja *Height Measure* mõõtmisel, aga ka *Moti* ja *Hypsometer*’i puhul olid mõõtmised ebatäpsed.



Joonis 1. Etalonide mõõtmistulemuste erinevus etaloni kõrgusest.

Kõige suurem kõrvalekalle mõõtmistulemustes võrreldes etaloniga oli rakendusel *Smart Measure*. Saadud tulemuste põhjal tehti metsas mõõtmisi rakendustega *Tree-H*, *Kõrgusmõõtja*, *Two Point Measure*, *Tree Meter* ja *Trestima* ning etalonimõõtmisel suuremaid mõõtmisvigu näidanud rakendused jäeti võrdlusest välja.

Lisas 2 on kõik metsas tehtud mõõtmiste tulemused eraldi välja toodud. Kokku tehti selles töö osas 84 kõrgusmõõtmist. Joonisel 2 on näha metsas tehtud mõõtmiste tulemusi ja nende jaotumist.

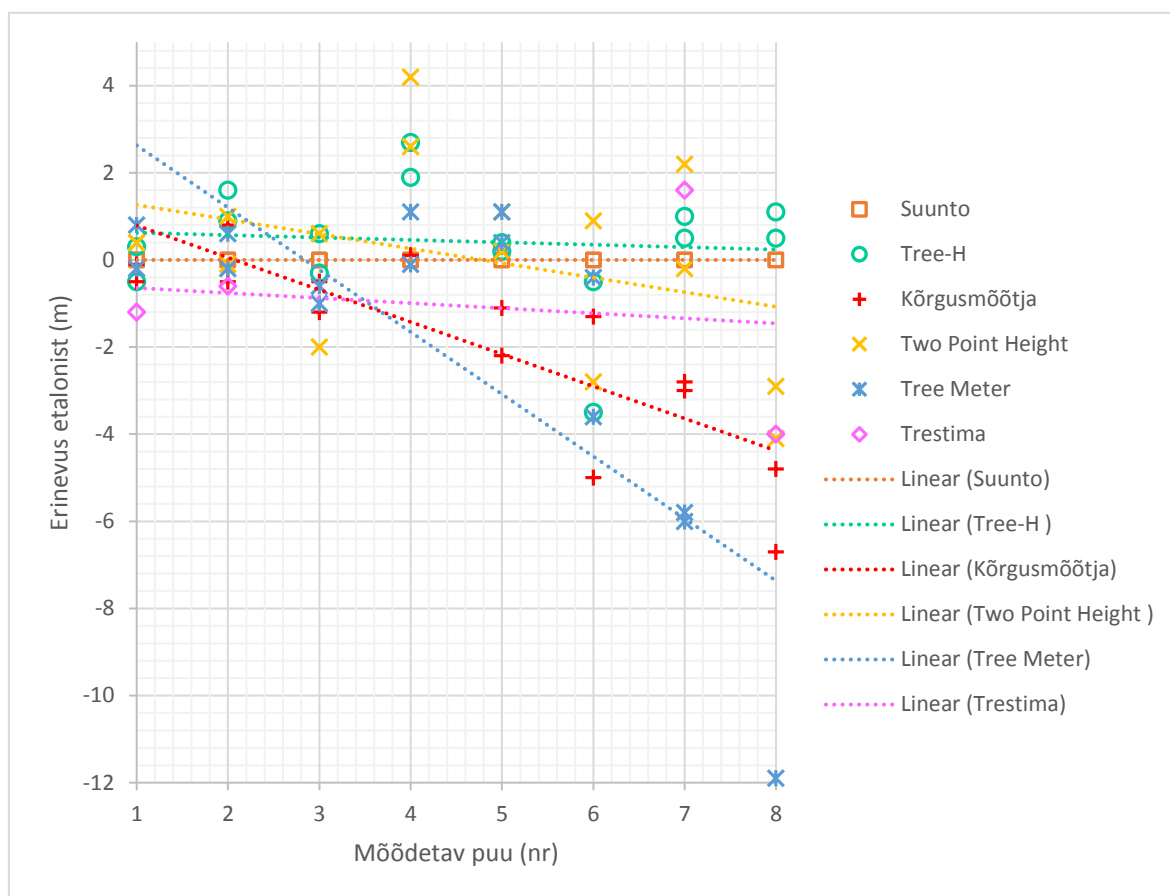


**Joonis 2.** Kõrgusmõõtmise tulemused 8 puu näitel.

Kuivõrd etalonide mõõtmise puhul oli kõige täpsemaks mõõtevahendiks Suunto klinomeeter, siis otsustati seda kasutada nutiseadme rakenduste mõõtmistäpsuse hindamisel



võrdlusobjektina. Sellisel juhul võrreldi rakenduste mõõtmistulemuste erinevust ja tulemused on näha joonisel 3.



**Joonis 3.** Kõrgusmõõtmise tulemuste erinevus võrrelduna klinomeetri mõõtmistulemustega.

Nendest tulemustest on näha, et *Two Point Height*'i mõõtmistulemused kõiguvad oluliselt ja mõõtmisvea seaduspära selgeks teha ei saa. Samuti on näha, et kõige suurem kõrvalekalle oli *Tree Meter*'i mõõtmistulemustes. Selle põhjal võib *Tree Meter*'i hinnata selle mõõtmisosa ebatäpseimaks rakenduseks.

Kõige täpsemaks osutus rakendus *Tree-H*, mis hindas kõiki puid klinomeetri tulemustest kõrgemateks, aga mille mõõtmistulemuste kõrvalekalle oli väiksem kui teistel rakendustel. Madalamate puude mõõtmisel oli kõige täpsem *Kõrgusmõõtja*, aga puude kõrguse kasvades kasvasid oluliselt ka selle rakenduse mõõtmisvead.

Üldiselt võib mõõtmistulemuste põhjal väita, et mõnede kõrguse mõõtmiseks mõeldud

nutiseadme rakenduste puhul saab teada ligikaudse puu kõrguse, aga täpsusmõõtmisteks ei ole nad sobivad. Eriti suureks kasvavad on mõõtmisvead kõrgemate puude mõõtmise puhul.

### 3.2 Relaskoopmõõtmise tulemused

Relaskoobirakenduste töökorda seadmine võttis võrreldes kõrgusmõõtmise rakendustega rohkem aega, sest erinevalt kõrgusmõõõtjatest oli neist kõiki vaja eelnevalt kalibreerida. Nende kasutamine oli aga väga mugav ja lihtne ning ei erinenud tavapärasest Bitterlichi lihtrelaskoobi kasutamisest. Rakenduste eeliseks on oluline välja tuua tulemuste salvestamise võimalus seadmesse. Puuduste osas võib välja tuua, et *Relasphone*'il oli võimalik mõõtmisi teostada vaid relaskoobiavaga 1:35. Samuti oli autoril seadme ekraanilt keerulisem märgata, kui mõni loendatav puu teise taga asetses.

Mõõtmistulemused, mis on toodud tabelites 1 ja 2, ei näita selget trendi, miks mõõtmistulemustes väikesed erinevused on.

**Tabel 1.** Relaskoopmõõtmise tulemused ava laiuse 1:35 korral

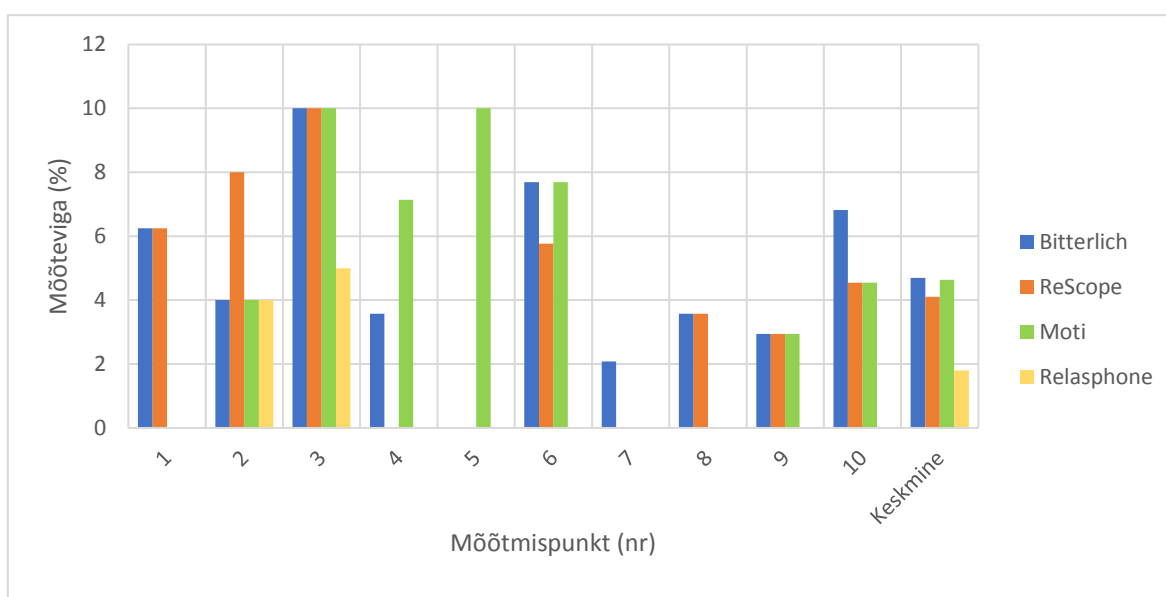
Mõõtmispunkt	Lihtrelaskoop	Bitterlich	ReScope	Moti	Relasphone
1	8	7,5	7,5	8	8
2	12,5	12	11,5	12	12
3	10	9	9	9	9,5
4	14	14,5	14	15	14
5	5	5	5	4,5	5

Üldiselt on kõikide rakenduste mõõtmistulemused sarnased ning relaskoobi ava laiuse ja keti suhte 1:35 juures tehtud mõõtmistulemuste põhjal ei ole võimalik välja tuua erinevusi rakenduste mõõtmistäpsuses.

**Tabel 2.** Relaskoopmõõtmise tulemused ava laiuse 1:50 korral

Mõõtmispunkt	Lihtrelaskoop	Bitterlich	ReScope	Moti
6	26	24	24,5	24
7	24	24,5	24	24
8	14	14,5	14,5	14
9	17	16,5	16,5	16,5
10	22	20,5	21	21

Ka 1:50 relaskoopmõõtmiste põhjal ei ole võimalik rakendusi täpsuse põhjal eristada. Kõigi rakenduste mõõtetulemuste kõrvalekalle lihtrelaskoobi lugemist on väike, mida illustreerib ka joonis 4.

**Joonis 4.** Relaskoopmõõtmiste mõõtevigate võrdlus.

Metsa korraldamise juhendi (2009) järgi võib kuni 20 m<sup>2</sup>/ha rinnaspindalaga metsas rinnaspindala määramisel tehtav viga olla kuni 3 m<sup>2</sup>/ha. Sellest suurema rinnaspindalaga metsa takseerimisel on lubatud kuni 15 % suurune viga. Nagu jooniselt 4 on näha, siis jäävad mõõtevead lubatud piiridesse. Seega võib nutiseadme relaskoobirakendusi pidada tavalise lihtrelaskoobiga võrdseks ja selle töö tulemuste põhjal saab nende mõõtmistulemusi pidada täpseteks.

## 4 ARUTELU

Nutiseadmega metsa mõõtmise teemal tehtud varasemad tööd (Bijak, Sarzynski 2015) on jõudnud järeldusele, et puu kõrguse mõõtmisel nutirakendustega on mõõtevead oluliselt suuremad kui traditsiooniliste metsamõõtmisvahenditega mõõtes. Sama tulemuseni jõudis ka käesolev töö. Peamiselt hindavad rakendused puude kõrgust tegelikust madalamaks (Anton 2016). Selle probleemi vältimiseks oleks enne mõõtmisi vaja mõõtmistel kasutatavad rakendused kalibreerida. Paraku on rakenduste enda kalibreerimisviisid tihti ebatäpsed ja ei paranda mõõtmistulemusi (Villasante, Fernandez 2014). Mõnel juhul võib selline kalibreerimine isegi mõõteviga suurendada (Bijak, Sarzynski 2015). Täpseteks kõrgusmõõtmisteks nutitelefon ja rakendused hetkel veel ei sobi ning võrreldes kolm ja neli aastat tagasi tehtud mõõtmistega ei ole nende täpsus ka paranenud.

Telefoniga metsa rinnaspindala mõõtmine on umbes sama lihtne kui Bitterlichi lihtrelaskoobiga. Ka tulemused on selles töös kasutatud nelja relaskoobi rakenduse põhjal täpsed. Varasem uurimus (Anton 2016) on leidnud, et rakendused võivad kaugemate, relaskoobi mõõtmisala piiril olevate puude läbimõõte tegelikust väiksemaks hinnata. Seda ei saa käesoleva töö tulemuste põhjal ei kinnitada ega ümber lükata. Siiski võib öelda, et kui selline viga eksisteerib, ei ole ta nii suur, et mõõtmistulemusi oluliselt mõjutada. Telefoni relaskoobina kasutamisel on kindlasti tulevikku.

Selles töös käsitletud teema on mõnevõrra uudne ja põhjalikult on seda vähe uuritud. Mõõtmistarkvara ja nutiseadmete riistvara arenedes tasub sellega kindlasti edasi tegeleda, sest erinevaid metsanduses kasutust omavaid rakendusi tuleb kogu aeg juurde.

## KOKKUVÕTE

Antud töö eesmärgiks oli uurida, kui praktilised on nutiseadmete rakendused, mis on mõeldud metsa mõõtmiseks. Selleks viidi läbi relaskoop- ja kõrgusmõõtmised, mille käigus kasutati kokku kahteist Android-seadme rakendust. Kõrguse mõõtmine tehti kahes osas, kus esimeseks mõõdeti mõõte-etalani ja teiseks kasvavaid puid metsas.

Kõrguse mõõtmise tulemuste põhjal selgus, et antud töös kasutatud kõrguse mõõtmise rakendused on võrdlemisi ebatäpsed ja kuigi mõned neist võivad olla kasutatavad olukordades, kus ülim täpsus ei ole peamine, siis võrreldes traditsiooniliste metsa mõõtmise viisidele ja mõõteeadmetele jäävad nad kindlalt alla. Seejuures tasuta ja tasuliste rakenduste vahel mõõtmistäpsuse erinevust töös tehtud mõõtmistuemused ei näidanud.

Lihtrelaskoobi põhimõttel toimivate rakenduste mõõtmiskatsesest selgus, et need rakendused ei erine oma mõõtmistäpsuse poolest tavalisest lihtrelaskoobist. Kõik neli läbi proovitud nutirakendust andsid võrreldavalt täpseid tulemusi ja seega on kindlasti võimalik neid tulevikus lihtrelaskoobi asemel kasutada.

Järjest suurema lahtusvõimega telefonikaamerate levik ja pidevalt kasvav arvutusvõimsus aitavad kindlasti kaasa nutitelefonide kui metsamõõtmise vahendi arengule ning mõne aasta pärast sellist tööd tehes võiksid tulemused olla oluliselt täpsemad.

## KASUTATUD KIRJANDUS

- Android Boy (2018). Smart Measure v1.6 manual. [veebileht]  
<http://androidboy1.blogspot.com/2015/09/smart-measure-v16.html> (29.05.2019).
- Anton, M.** (2016). Nutiseadmete metsanduslike rakenduste võrdlus. [on-line]  
[https://dspace.emu.ee/xmlui/bitstream/handle/10492/2612/Madis\\_Anton\\_2016BA\\_MN\\_t%C3%A4istekst.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.emu.ee/xmlui/bitstream/handle/10492/2612/Madis_Anton_2016BA_MN_t%C3%A4istekst.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (29.05.2019).
- Bijak, S., Sarzynski, J.** (2015). Accuracy of smartphone applications in the field measurements of tree height. *Felia Forestalia Palonica*. Vol. 57 (4), lk 240-244.
- Bragg, D.** (2014). Accurately Measuring the Height of (Real) Forest Trees. *Journal of Forestry - Washington*. Nr 112(1), lk 51-54.
- Deskis (2019a). Bitterlichi relaskoop. [veebileht] <http://www.deskis.ee/relaskoop> (29.05.2019).
- Deskis (2019b). Kõrgusmõõtja. [veebileht] <https://www.deskis.ee/korgusmootja/index.html> (29.05.2019).
- Jänes, J., Padari, A.** (2004). Metsa hindamine. 27 lk.
- Järvis, J.** (2010). Metsa relaskoopmõõtmine. (2. tr.). Tartu. 20 lk.
- HAFL Bern University of Applied Sciences (2019). About MOTI. [veebileht]  
<http://www.moti.ch/drupal/?q=en/node/31> (29.05.2019).
- Kangas, A., Maltamo, M.** (2006). Forest Inventory. Methodology and Applications. Netherlands: Springer. 362 lk.
- Kangur, A., Märdla, S., Arumäe, T., Jürgenson, H., Kask, P.** (2015). Üksikpuu kõrguse mõõtmine. *Eesti Mets*. Nr 2, lk 34-39.
- Krigul, T.** (1972). Metsatakseerimine. Tallinn: Valgus. 358 lk.
- Metsa korraldamise juhend. (vastu võetud 16.01.2009, viimati jõustunud 03.09.2018). *Riigi Teataja* - <https://www.riigiteataja.ee/akt/131082018008> (29.05.2019).
- Laas, E., Uri, V., Valgepea, M.** (2011). Metsamajanduse alused. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus. 862 lk.
- Simkovic, J.** (2018). Rescope – Bitterlich Relascope for Android. [veebileht] <https://mobiledev-jans.blogspot.com/2018/04/rescope-bitterlich-relascope-for-android.html> (29.05.2019).
- SMK Bakti Nusa (2016). Android Application for Forest Science. [veebileht]  
<http://smkbaktinusa.blogspot.com/2017/01/aplikasi-ilmu-ukur-kayu-pada-android.html> (29.05.2019).

- Suunto (2017). Suunto Precision Instruments User Guide. [*on-line*]  
[https://ns.suunto.com/Manuals/PM-5/Userguides/Suunto\\_PrecisionInstruments\\_QG\\_EN.pdf](https://ns.suunto.com/Manuals/PM-5/Userguides/Suunto_PrecisionInstruments_QG_EN.pdf)  
(29.05.2019).
- Trestima (2019). Forest Inventory System – User manual. [*on-line*]  
[https://www.trestima.com/w/wp-content/uploads/2018/06/TRESTIMA\\_user\\_guide\\_en\\_v1.3.pdf](https://www.trestima.com/w/wp-content/uploads/2018/06/TRESTIMA_user_guide_en_v1.3.pdf) (29.05.2019).
- Vaus, M.** (2005). Metsatakseerimine. Tartu: OÜ Halo Kirjastus. 178 lk.
- Villasante A., Fernandez C.** (2014). Measurement errors in the use of smartphones as low-cost forestry hypsometers. *Silva Fennica*. Vol. 48 (5), Article 1114.
- VTT Technical Research Centre of Finland (2016). Relasphone – a mobile application for collecting in situ measurements and estimating biomass. [*veebileht*]  
<http://www.relasphone.com> (29.05.2019).
- West, P. W.** (2015). Tree and Forest Measurement. (3rd edition). Australia: Springer. 228 lk

## SUMMARY

The purpose of this thesis was to investigate the feasibility of using smart device applications for growing forest measurements. For this reason, relascope and height measurements were taken by using in a total of twelve Android platform based device applications. Tree height measurements were carried out two parts, the first being the measurement etalon and the second measuring real trees in forest stand.

The results of height measurements showed that the height measurement applications used in this work are relatively inaccurate, and although some of them may be usable in situations where precision is not essential, they perform worse when compared to traditional forest measurement techniques and devices. There was no difference possible to draw in measurement accuracy between freeware and paid applications.

Tests carried out with relascope applications showed that the measurement results of these applications did not differ from the usual Bitterlich relascope in terms of their measurement precision. All four tried-and-tested smart device apps gave accurate results, so it is definitely possible to use them in the future.

Steadily increasing computing power and ever increasing resolutions of smartphone cameras will certainly contribute to the development of smartphones as a viable forest measurement tool and in a few years' time, they could be significantly more accurate.



**LISAD**

**Lisa 1. Etalonide kõrgusmõõtmiste tulemused (m).**

<b>Etalon</b>	<b>Suu</b>	<b>TH</b>	<b>Km</b>	<b>SM</b>	<b>Hyp</b>	<b>HM</b>	<b>TPH</b>	<b>TM</b>	<b>Moti</b>
5	5	4,9	5,1	6,1	5,4	4,8	4,9	5,2	4,7
7,5	7,5	7,6	7,3	8,7	7,9	6,7	7,2	7,6	7,8
10	9,9	9,6	9,9	12,7	10,6	8,7	10,1	10,4	10,4

\*Suu – Suunto, TH – Tree-H, Km – Kõrgusmõõtja, SM – Smart Measure, Hyp –  
Hypsometer, HM – Height Measure, TPH – Two Point Height, TM – Tree Meter

**Lisa 2. Metsas tehtud kõrgusmõõtmiste koondtabel (m).**

	<b>Suu</b>	<b>TH</b>	<b>Km</b>	<b>TPH</b>	<b>TM</b>	<b>Tres</b>
Ma 1	8,7	8,2	8,2	9,1	9,5	7,5
Ma 1	8,6	8,9	8,5	9	8,4	
Lv	12,3	13,2	11,8	12,2	12,1	11,7
Lv	11,7	13,3	12,5	12,7	12,3	
Va	14	13,7	13,5	12	13	
Va	14	14,6	12,8	14,6	13,4	
Ma 2	17	19,7	17,1	19,6	18,1	
Ma 2	17,5	19,4	17,6	21,7	17,4	
Ks	20,5	20,7	18,3	21,6	20,9	
Ks	21	21,4	19,9	21,2	22,1	
Ku	27	23,5	22	24,2	23,4	
Ku	23	22,5	21,7	23,9	22,6	
Ma 3	25,1	26,1	22,1	27,3	19,1	26,7
Ma 3	26	26,5	23,2	25,8	20,2	
Hb	32	33,1	25,3	29,1	19,9	28
Hb	32,5	33	27,7	28,4	20,6	

\*Suu – Suunto, TH – Tree-H, Km – Kõrgusmõõõtja, TPH – Two Point Height, TM – Tree Meter

**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks  
ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, Karl Konsap,  
(sünnipäev pp/kuu/aa 19.02.1992)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö  
Nutiseadme rakendused kasvava metsa mõõtmiseks,  
mille juhendaja on Ahto Kangur,
  - 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
  - 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
  - 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemisekskuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega  
isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor

\_\_\_\_\_

allkiri

Tartu, 30.05.2019

---

**Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Luban lõputöö kaitsmisele.

\_\_\_\_\_

(juhendaja nimi ja allkiri)

\_\_\_\_\_

(kuupäev)